

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :

B23K 26/06, A61F 9/08

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/43078

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum: 20. November 1997 (20.11.97)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/02331

(22) Internationales Anmeldedatum: 7. Mai 1997 (07.05.97)

(30) Prioritätsdaten:  
196 19 481.4 14. Mai 1996 (14.05.96) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):  
AESCULAP-MEDITEC GMBH [DE/DE]; Prüssingstrasse  
41, D-07739 Jena (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STROHM, Fredy [DE/DE];  
Hersbruckerstrasse 1a, D-90542 Eckental (DE). OESTER-  
LIN, Peter [DE/DE]; Adolf-Ellissen-Weg 19, D-37077  
Göttingen (DE). BURGHARDT, Berthold [DE/DE];  
Steinbreite 13, D-37136 Waake (DE). SCHMIDT, Henning  
[DE/DE]; Mühlenstrasse 4, D-37181 Hardegsen (DE).  
KAHLERT, Hans-Jürgen [DE/DE]; Venusring 34, D-37077  
Göttingen (DE).

(74) Anwalt: VON HELLFELD, Axel; Wuesthoff & Wuesthoff,  
Schweigerstrasse 2, D-81541 München (DE).

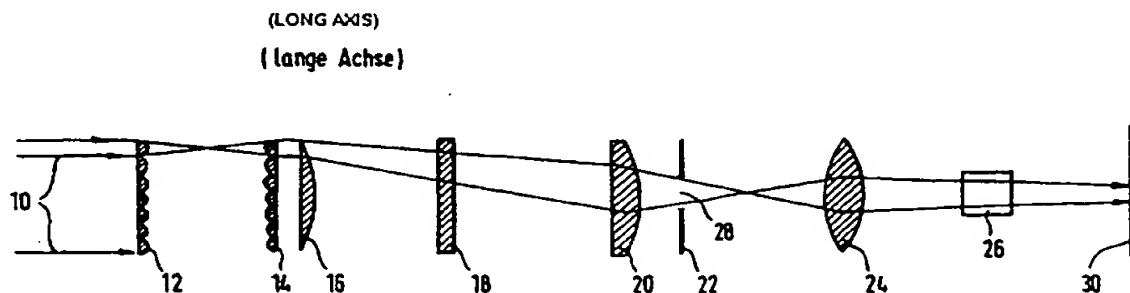
(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,  
BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB,  
GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO,  
NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR,  
TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ARIPO Patent (GH, KE,  
LS, MW, SD, SZ, UG), eurasisches Patent (AM, AZ, BY,  
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE,  
CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.  
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
eintreffen.

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR REMOVAL OF MATERIAL WITH A LASER BEAM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ABTRAGEN VON MATERIAL MIT EINEM LASERSTRAHL



(57) Abstract

The invention relates to a process and a device for the removal of material from the surface (30) of an object. Said process and device are used, in particular, for ophthalmological shaping of lenses using a laser beam having a cross-section with a long axis and a short axis. The intensity profile in the direction of the short axis is substantially gaussian-shaped. The laser beam is gradually directed in the direction of the short cross-sectional axis maintaining the gaussian-shaped intensity profile across the surface (30) to be removed, and successive laser pulses overlap each other. The intensity profile of the laser beam in the direction of the long cross-sectional axis is homogenised.

(57) Zusammenfassung

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abtragen von Material von der Oberfläche (30) eines Objektes dient insbesondere zum ophthalmologischen Formen von Linsen mittels eines Laserstrahls, der einen Querschnitt mit einer längeren Achse und mit einer kürzeren Achse hat, wobei das Intensitätsprofil in Richtung der kürzeren Achse im wesentlichen gaußförmig ist. Der Laserstrahl wird in Richtung der kurzen Querschnittsachse unter Beibehaltung des gaußförmigen Intensitätsprofils sukzessive über die abzutragende Oberfläche (30) geführt, wobei aufeinanderfolgende Laserpulse einander überlappen. Das Intensitätsprofil des Laserstrahls in Richtung der langen Querschnittsachse wird homogenisiert.

# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NI	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zum Abtragen  
von Material mit einem Laserstrahl

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abtragen von Material von der Oberfläche eines Objektes, insbesondere zum ophthalmologischen Formen von Linsen, mittels eines auf das Objekt gerichteten gepulsten Laserstrahles, der einen Querschnitt mit einer längeren Achse und einer kürzeren Achse hat und dessen Intensitätsprofil in Richtung der langen Achse verschieden ist von seinem zumindest annähernd gaußförmigen Intensitätsprofil in Richtung der kurzen Achse, und dessen Querschnitt deutlich kleiner ist als die abzutragende Oberfläche, wobei der Laserstrahl in Richtung der kurzen Querschnittsachse unter Beibehaltung des gaußförmigen Intensitätsprofils in Richtung der kurzen Querschnittsachse so sukzessive über die abzutragende Oberfläche geführt wird, daß aufeinanderfolgende Laserpulse einander überlappend und zueinander versetzt sind. Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus der DE 41 41 890 A1 bekannt.

Excimerlaser emittieren kohärente UV-Strahlung hoher Intensität und werden insbesondere in der industriellen Fertigung, der Medizin und in der Forschung eingesetzt. Eine besondere Anwendung der vorliegenden Erfindung ist die ophthalmologische Formkorrektur von Linsen mittels Ablation durch Excimer-Laserstrahlung.

Der vom Excimerlaser (im wesentlichen unverarbeitet) emittierte

Laserstrahl hat in der Regel keine gleichförmige Intensitätsverteilung über seinen Querschnitt. Der vom Excimerlaser abgegebene Laserstrahl hat typischerweise Abmessungen von etwa 10 x 30 mm. Entsprechend diesem rechteckförmigen Querschnitt des Laserstrahls spricht man von einer langen und einer kurzen Achse. In Richtung der langen Achse ist das Intensitätsprofil des Laserstrahls etwa trapezförmig mit Intensitätsschwankungen (sogenanntes "flat top"). In Richtung der kurzen Achse hat der Excimer-Laserstrahl ein Intensitätsprofil, das etwa einer Gauß-Kurve entspricht.

Der Stand der Technik kennt eine Reihe von optischen Vorrichtungen zum Homogenisieren von insbesondere Excimer-Laserstrahlen, so die DE-A-42 20 705 (entsprechend US-Patent 5,414,559). Homogenisieroptiken dienen dazu, die Intensität eines Laserstrahls über seinen Querschnitt möglichst gleichförmig zu verteilen, also Intensitätsunterschiede auszugleichen. Auch die JP 07027993 A, die EP 0 232 037 und die EP 0 100 242 A2 zeigen Homogenisieroptiken, teilweise mit anamorphotischen Anordnungen. Eine anamorphotische Abbildung ist eine optische Abbildung, bei der der Abbildungsmaßstab bzw. die Bildgröße in zwei senkrecht zueinander stehenden Schnitten (Richtungen) unterschiedlich ist. Bei den vorstehend erläuterten Excimerlaserstrahlen sind die genannten senkrecht zueinander stehenden Schnitte in der Regel in Richtung der langen und kurzen Achsen.

Bei der eingangs genannten DE 41 41 890 A1, von der die vorliegende Erfindung ausgeht, sollen Homogenisieroptiken vermieden werden. Um auch in Richtung der kurzen Querschnittsachse des Excimerlaserstrahls eine weitgehende Homogenisierung der auf die abzutragende Oberfläche aufgebrachten Strahlungsenergie zu erreichen, wird bei diesem Stand der Technik der Laserstrahl sukzessive mittels eines Abtasters so in Richtung der kurzen Querschnittsachse über die abzutragende Oberfläche bewegt, daß aufeinanderfolgende Laserpulse einander überlappend zueinander versetzt sind. Die Überlappung zweier benach-

barter versetzter Laserpulse ist so, daß die Überlagerung der gaußförmigen Intensitätsprofile in der Summe eine gleichmäßigere Intensitätsverteilung ergibt.

Die DE 42 32 690 C1 beschreibt ebenfalls eine Vorrichtung und ein Verfahren zur ophthalmologischen Formkorrektur einer Linse unter Verwendung von Excimerlaserstrahlen, bei denen die Strahlung in einem Strahlenbündel konzentriert wird, dessen Querschnitt bei Auftreffen auf die Linsenoberfläche kleiner ist als die von einer Blende freigegebene Linsenoberfläche. Dabei wird das Strahlenbündel so bewegt, daß durch nacheinander auf die Linsenoberfläche auftreffende Strahlungspulse die gesamte von der Blende freigegebene Linsenoberfläche bestrahlt wird. Das Strahlenbündel wird zwischen aufeinanderfolgenden Strahlungspulsen nur so weit bewegt, daß sich die von nacheinander auf der Linsenoberfläche auftreffenden Strahlungspulsen getroffenen Bereiche der Linsenoberfläche teilweise überlappen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, die mit möglichst geringem Aufwand bezüglich der Ablation verbesserte Ergebnisse liefern und eine möglichst vielseitige Anwendung ermöglichen.

Die Erfindung sieht bei einem System, bei dem der Laserstrahl in Richtung der kurzen Querschnittsachse unter Beibehaltung des zumindest annähernd gaußförmigen Intensitätsprofils so nacheinander über die abzutragende Oberfläche geführt wird, daß aufeinanderfolgende Laserpulse einander überlappend und zueinander versetzt sind, vor, daß das Intensitätsprofil des Laserstrahls in Richtung der langen Querschnittsachse mittels einer Homogenisieroptik homogenisiert wird.

Es hat sich gezeigt, daß beste ophthalmologische Ablationsergebnisse besonders dann erreicht werden, wenn die genannte Homogenisierung so eingestellt wird, daß das Intensitätsprofil

des Laserstrahls in Richtung der langen Querschnittsachse möglichst annähernd Rechteckform hat mit Intensitätsschwankungen, die nicht größer sind als 10%.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die in Richtung der kurzen Achse wirksamen Abbildungsoptiken und die in Richtung der langen Achse wirksamen Abbildungs- und Homogenisieroptiken anamorphotisch, so daß die gewünschten Parameter des Laserstrahls in beiden Achsrichtungen unabhängig voneinander einstellbar sind.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Laserstrahl mittels einer Abbildungsoptik in eine Ebene abgebildet wird, in der die Strahleigenschaften (Parameter) des abgebildeten Laserstrahls eingestellt werden, und daß der Strahl aus dieser Ebene mittels einer weiteren Abbildungsoptik auf die abzutragende Oberfläche abgebildet wird. In dieser genannten Ebene, die auch als "fiktive Maskenebene" bezeichnet werden kann, können die Parameter des Laserstrahls, nämlich insbesondere seine Abmessungen in Richtung der langen und kurzen Achsen und seine Homogenität, für beide Achsrichtungen unabhängig voneinander eingestellt werden und der Strahl wird dann mit diesen eingestellten Parametern auf die Arbeitsebene (also die abzutragende Oberfläche) abgebildet. Dabei braucht in der "fiktiven Maskenebene" keine Maske angeordnet zu werden. Eine Maske wird unmittelbar vor dem Auge angeordnet und mittels eines Abtasters (Scanners) wird der Strahlungsfleck über die Maske geführt, wie es in DE 42 32 690 C1 beschrieben ist. Die Maske kann in ihren Abmessungen verändert werden, um an der Hornhaut des Auges eine bestimmte Ablation zu bewirken. Der Abtaster (Scanner) bewegt den Strahlungsfleck in Richtung der kurzen Querschnittsachse über die Öffnung der vor dem Auge angeordneten Maske.

In Abwandlung des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels kann eine Maske, statt vor dem Auge, in der "fiktiven Maskenebene" angeordnet werden. Die Öffnung dieser Maske wird

dann mit dem Laserstrahl homogen ausgeleuchtet, d.h. die Maske wird so in den Strahlengang gestellt, daß ein besonders homogener Bereich des Laserstrahls durchgelassen wird. Der bei diesem Ausführungsbeispiel zwischen Maske und Auge angeordnete Scanner bewegt dann den Strahlungsfleck über die abzutragende Hornhaut.

Bevorzugt wird der Strahlungsfleck auf der Hornhaut auf Abmessungen von 1 bis 2 mm reduziert (durch Zusammenwirken der Maske und der optischen Abbildungsmittel).

Unabhängig von der Justierung des Laserresonators kann mit der Erfindung erreicht werden, daß der Strahl in der Ebene der abzutragenden Oberfläche immer die gleichen Strahlparameter (insbesondere seine Abmessungen und seine Homogenität) aufweist.

Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. dem Verfahren wird erreicht, daß die Homogenisieroptik die Parameter des Laserstrahls in der Ebene der abzutragenden Oberfläche weitgehend unabhängig macht von der Qualität des vom Laser emittierten Strahls. Auch kann die gesamte vom Laser abgestrahlte Energie auf der zu bearbeitenden Oberfläche gebündelt werden.

Mit der Vorrichtung und dem Verfahren wird erreicht, daß insgesamt die vom Objekt pro Flächeneinheit empfangene Strahlenintensität bis auf Schwankungen von höchstens 10% (in beiden Richtungen) homogen ist.

Die Erfindung erlaubt es auch, in einfacher Weise mittels Abschwächen die Energie der Laserpulse in der gewünschten Weise einzustellen, ohne daß dabei die Abmessungen des Strahls beeinflußt werden.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

- Fig. 1 zeigt schematisch eine Abbildungsoptik, die in Richtung der kurzen Querschnittsachse eines Excimerlaserstrahls wirksam ist und
- Fig. 2 zeigt eine Abbildungs- und Homogenisieroptik, die in Richtung der langen Achse desselben Excimerlaserstrahls wirksam ist.

Die Figuren 1 und 2 zeigen dieselbe Abbildungs- und Homogenisieroptik in zwei Ansichten, die zueinander im rechten Winkel stehen.

Wie oben bereits ausgeführt ist, bewirkt die Optik in Richtung der kurzen Achse keine Homogenisierung, vielmehr wird das Intensitätsprofil, wie es vom Laser (nicht gezeigt) abgegeben wird, beibehalten, also zum Beispiel ein Gaußprofil. In Richtung der langen Achse erfolgt hingegen eine Homogenisierung.

Der vom Excimerlaser emittierte Laserstrahl 10 tritt gemäß den Figuren 1 und 2 zunächst in eine Homogenisieroptik aus den Elementen 12 und 14 ein. Die Homogenisieroptik besteht auch zwei Reihen von Zylinderlinsen (vgl. Fig. 2) und ist als solche bekannt (US-PS 5,414,559). Grundsätzlich können auch andere als solche bekannte Homogenisieroptiken verwendet werden, vgl. zum Beispiel DE-OS 42 20 705, DE 38 29 728 und DE 38 41 045.

Wie die schematische Darstellung in den Figuren 1 und 2 zeigt, sind die zwei parallelen Reihen 12, 14 von Zylinderlinsen so ausgerichtet, daß sie nur in Richtung der langen Achse eine Homogenisierung bewirken, während der Strahl in Richtung der kurzen Achse (Fig. 1) keine Homogenisierung erfährt.

Wie ein Vergleich der Figuren 1 und 2 ebenfalls ergibt, ist im Strahlengang hinter der Homogenisieroptik 12, 14 eine Sammellinse 16 angeordnet, die nur in Richtung der langen Achse eine Sammelwirkung hat. Eine weitere Sammellinse 18 im Strahlengang



hat nur in Bezug auf die kurze Achse eine Sammelwirkung. Eine im Strahlengang dahinter angeordnete Sammellinse 20 hingegen wirkt wiederum nur in Richtung der langen Achse.

Die genannten optischen Elemente mit den Bezugszeichen 12, 14 und 16 bilden insgesamt eine Homogenisieroptik bezüglich der langen Achse des Laserstrahlprofils.

Die Sammellinse 18 wirkt nur in Bezug auf die kurze Achse, ist also als Zylinderlinse (Zylinderform senkrecht zur Zeichnungsebene) ausgebildet und dient zur Einstellung der Strahlabmessung in Richtung der kurzen Achse, wobei das gaußähnliche Strahlprofil erhalten bleibt.

Die bezüglich der langen Achse bündelnde Sammellinse 20 ist ebenfalls als Zylinderlinse ausgebildet. Der Abtaster 26 ist insbesondere in Richtung der kurzen Achse bewegbar, so daß keine weitere Homogenisieroptik, die in Richtung dieser Achse wirksam wäre, erforderlich ist. Der Strahl wird überlappend sukzessive über die zu bearbeitende Oberfläche 30 bewegt, wobei die Überlappung so gewählt wird, daß auch in dieser Richtung eine weitgehende Homogenisierung der Intensität mit Intensitätsschwankungen kleiner als 10% gegeben ist.

Mit dem Bezugszeichen 22 ist in den Figuren 1 und 2 eine Ebene gekennzeichnet, in der mittels der im Strahlengang davor angeordneten optischen Elemente die Parameter des Laserstrahls, nämlich insbesondere seine Abmessungen in beiden Achsrichtungen und seine Homogenität, eingestellt werden. Diese Einstellung ist mit den beschriebenen optischen Elementen in beiden Achsrichtungen unabhängig voneinander möglich, d.h. für ein gegebenes System können die optischen Elemente so ausgewählt werden, daß für beide Achsrichtungen gewünschte Strahlparameter in der Ebene 22 vorliegen. Diese Ebene 22 ist oben als "fiktive Maskenebene" bezeichnet.

Die mit dem Bauelement 24 schematisch angedeutete sphärische

Abbildungsoptik bildet den Strahl mit den genannten eingestellten Parametern aus der Ebene 22 in die Ebene der zu bearbeitenden Oberfläche 30 ab. Dabei kann auf eine Maske verzichtet werden.

Mit dem Abtastkopf 26 (Scanner) wird der Strahl auf der abzutragenden Oberfläche 30 in der gewünschten Weise (siehe oben) bewegt.

In Abwandlung des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels kann in der Ebene 22 auch eine Maske angeordnet werden, deren Öffnung schematisch durch das Bezugszeichen 28 gekennzeichnet ist. Diese Maske kann einen bestimmten Abschnitt des Laserstrahls durchlassen, der zum Beispiel unter dem Gesichtspunkt optimaler Homogenität ausgewählt wird. Dann wird mit der beschriebenen Optik der Öffnungsbereich der Maske auf die zu bearbeitende Oberfläche 30 abgebildet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Abtragen von Material von der Oberfläche (30) eines Objektes, insbesondere zum ophthalmologischen Formen von Linsen, mittels eines auf das Objekt gerichteten gepulsten Laserstrahles (10), der einen Querschnitt mit einer längeren Achse und einer kürzeren Achse hat und dessen Intensitätsprofil in Richtung der langen Achse verschieden ist von seinem zumindest annähernd gaußförmigen Intensitätsprofil in Richtung der kurzen Achse, und dessen Querschnitt deutlich kleiner ist als die abzutragende Oberfläche, wobei der Laserstrahl in Richtung der kurzen Querschnittsachse unter Beibehaltung des gaußförmigen Intensitätsprofils so sukzessive über die abzutragende Oberfläche (30) geführt wird, daß aufeinanderfolgende Laserpulse einander überlappen und zueinander versetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Intensitätsprofil des Laserstrahls in Richtung der langen Querschnittsachse so homogenisiert wird, daß es möglichst annähernd Rechteckform mit Intensitätsschwankungen kleiner als  $\pm 5\%$  hat.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik und gegebenenfalls die Homogenisieroptik für die langen und kurzen Achsen des Laserstrahls anamorphotisch sind.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (10) mittels einer Abbildungsoptik (12, 14, 16, 18, 20) in eine Ebene (22) abgebildet wird, in der die Strahleigenschaften des abgebildeten Laserstrahls eingestellt werden, und daß der Strahl aus dieser Ebene (22) mittels einer weiteren Abbildungsoptik (24) auf die abzutragende Oberfläche (30) abgebildet wird.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl mittels eines Abtasters (26), der zwischen den Abbildungsoptiken (12 - 24) und der abzutragenden Oberfläche - (30) angeordnet ist, über die Oberfläche (30) geführt wird.
5. Vorrichtung zum Abtragen von Material von der Oberfläche (30) eines Objektes, insbesondere zum ophthalmologischen Formen von Linsen, mittels eines auf das Objekt gerichteten gepulsten Laserstrahles (10), der einen Querschnitt mit einer längeren Achse und einer kürzeren Achse hat und dessen Intensitätsprofil in Richtung der langen Achse verschieden ist von seinem zumindest annähernd gaußförmigen Intensitätsprofil in Richtung der kurzen Achse, und dessen Querschnitt deutlich kleiner ist als die abzutragende Oberfläche, wobei der Laserstrahl in Richtung der kurzen Querschnittsachse unter Beibehaltung des gaußförmigen Intensitätsprofils so sukzessive über die abzutragende Oberfläche (30) geführt wird, daß aufeinanderfolgende Laserpulse einander überlappen und zueinander versetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß eine Homogenisieroptik (12, 14) das Intensitätsprofil des Laserstrahls in Richtung der langen Querschnittsachse so homogenisiert, daß es möglichst annähernd Rechteckform mit Intensitätsschwankungen kleiner als  $\pm 5\%$  hat.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptiken (18 - 20) für die kurze Achse einerseits und die Homogenisieroptik (12, 14, 16) sowie die Abbildungsoptik (20) für die lange Achse des Laserstrahls andererseits anamorphotisch sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein den Laserstrahl in zumindest der Richtung der kurzen Querschnittsachse des Laserstrahls bewogender Abtaster (26) zwischen den Abbildungsoptiken (12 - 24) und der abzutragenden Oberfläche (30) angeordnet ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl in eine Ebene (22) abgebildet wird und daß in dieser Ebene eine Öffnung (28) in einer Maske homogen ausgeleuchtet wird und daß die Öffnung (28) auf die zu bearbeitende Oberfläche (30) abgebildet und der abgebildete Strahlungsfleck mittels eines Abtasters (26) in Richtungen parallel zur Oberfläche (30) bewegt wird.

FIG. 1 (kurze Achse)

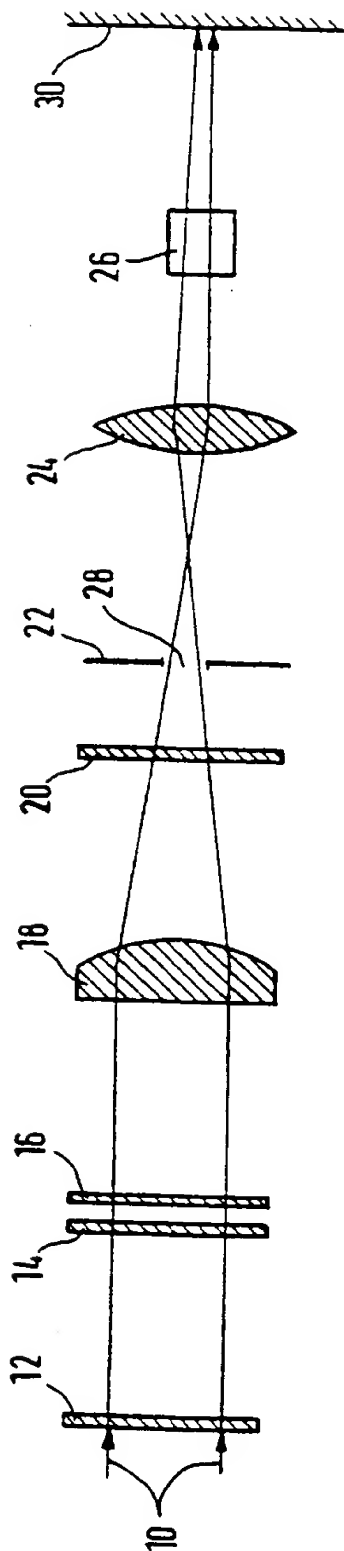
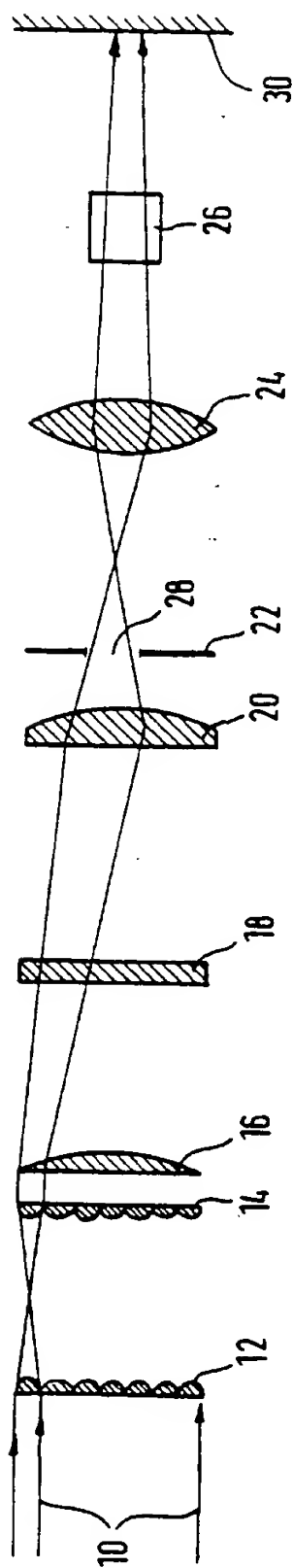


FIG. 2 (lange Achse)



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No.

EP 97/02331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 B23K26/06 A61F9/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B23K A61F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 41 41 890 A (NIDEK KK) 2 July 1992 cited in the application	1,3,5
Y	see column 5, line 25 - line 55; figures 1-5	2,4,6-8
Y	US 4 911 711 A (TELFAIR WILLIAM B ET AL) 27 March 1990 see column 5, line 14 - line 29; figure 2	2,6
Y	DE 42 32 690 C (AESCULAP WERKE AG) 7 April 1994 cited in the application see column 4, line 11 - line 67; figures 1,2	4,7,8

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 July 1997

Date of mailing of the international search report

14.10.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pricolo, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Appl. Application No

PCT/EP 97/02331

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4141890 A	02-07-92	JP 4242644 A	31-08-92
		US 5507799 A	16-04-96
US 4911711 A	27-03-90	CA 1288481 A	03-09-91
		DE 3785568 A	27-05-93
		DE 3785568 T	28-10-93
		EP 0274205 A	13-07-88
		JP 1684306 C	31-07-92
		JP 3044534 B	08-07-91
		JP 63150069 A	22-06-88
DE 4232690 C	07-04-94	AT 151975 T	15-05-97
		WO 9407422 A	14-04-94
		EP 0662803 A	19-07-95
		JP 8502207 T	12-03-96



# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

ales Aktenzeichen

PCT/EP 97/02331

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 B23K26/06 A61F9/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 B23K A61F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 41 41 890 A (NIDEK KK) 2.Juli 1992 in der Anmeldung erwähnt	1,3,5
Y	siehe Spalte 5, Zeile 25 - Zeile 55; Abbildungen 1-5	2,4,6-8
Y	US 4 911 711 A (TELFAIR WILLIAM B ET AL) 27.März 1990 siehe Spalte 5, Zeile 14 - Zeile 29; Abbildung 2	2,6
Y	DE 42 32 690 C (AESCULAP WERKE AG) 7.April 1994 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 4, Zeile 11 - Zeile 67; Abbildungen 1,2	4,7,8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \* 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \* 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \* 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \* 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \* 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* 'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* 'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* 'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* '&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29.Juli 1997

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14.10.97

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pricolo, G

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/02331

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4141890 A	02-07-92	JP 4242644 A	31-08-92
		US 5507799 A	16-04-96
US 4911711 A	27-03-90	CA 1288481 A	03-09-91
		DE 3785568 A	27-05-93
		DE 3785568 T	28-10-93
		EP 0274205 A	13-07-88
		JP 1684306 C	31-07-92
		JP 3044534 B	08-07-91
		JP 63150069 A	22-06-88
DE 4232690 C	07-04-94	AT 151975 T	15-05-97
		WO 9407422 A	14-04-94
		EP 0662803 A	19-07-95
		JP 8502207 T	12-03-96